

A SEJTEK ABNORMIS FEJLŐDÉSE A KIRCHNERIELLA OBESA ALAKKÖRÉBEN

Írta: KISS ISTVÁN

E munkámban a *Kirchneriella obesa* (W. WEST) SCHMIDLE sejtjeinek igen sajátos fejlődésbeli abnormitásáról számolok be. Ezt a fejlődést az jellemezte, hogy az ív alakú sejt egyik oldalán kissé bemélyedő, lehasadásszerű „anyaghiányos” foltok vagy csíkok jelentek meg, vagy éppen ellenkezőleg: kisebb-nagyobb duzzanatok, illetve különféle alakú kinövések képződtek. Ezek a duzzanatok lassan növekedve a sejt alakját feltűnően eltorzították, s bizonyos idő múlva az eltorzult sejtek kisebb, sporulációs jellegű képletekre estek szét. Ez utóbbi folyamatot megelőzően azonban a sejtek plazmájában jelentősebb granulálódás nem volt észlelhető.

E fejlődésbeli rendellenességeket először 1960-ban figyeltem meg a *Kirchneriella obesa* egy régebbi, már pusztulásban levő kultúrájának átvizsgálása közben. Ez eredetileg klon-kultúra volt, annak a kultúra sorozatnak a maradványa, amelynek felhasználásával korábban a *Kirchneriella obesa* esetében a nagymérvű fragmentációs osztódással történő szaporodási módot kimutattam [2]. E kultúra kb. két éven keresztül átolthatlan maradt, s ennek következtében erősen előregedett. Benne a sejtek egy része előzetes feltűnő granulálódás nélkül kisebb gömb vagy tojás alakú és autospóráknak mutatózó képletekre osztódott, másrésze vegetatív állapotban maradt. E vegetatív sejtek némelyike erősen elhalványult, láthatólag pusztulóban volt, mások viszont éppen ellenkezőleg: sötétzöld, illetve sötét kékeszöld színt öltöttek. Főként az utóbbiak közül kerültek ki az alakbeli abnormitások, mint a lehasadásszerű „anyaghiányos” részletek a sejt felületén, vagy pedig a homorú oldalon jelentkező kinövések vagy szabálytalan duzzanatok. Ilyen torzulásos elváltozásokat az említett előregedett tenyészet elődeinél nem észleltem.

Az előregedett *Kirchneriella* tenyészetben a sejtek ívátmérője 8–14 μ , szélessége pedig — a görbület közepén mérve — 3–5 μ között ingadozott. Ennél nagyobb méretű sejtek csak ritkán fordultak elő. A sejtek méretében tehát a korábbi generációkéhoz képest jelentősebb eltérés nem mutatkozott.

Az előregedett tenyészet normális, vagy kevésbé elváltozott vegetatív sejtjei közül néhányat az I. tábla 1–11. képein mutatok be. Az 1–5. képek típusos alakú és méretű sejteket szemléltetnek. A 4., valamint a 6–7. képek olyan sejteket ábrázolnak, amelyeknél jól látható volt, hogy a chromatophor a sejt külső, azaz domború részéhez simulóan helyezkedik el. Ez utóbbi két kép objektumai egyben alakbeli eltérést is képviselnek. A 8–10. képeken látható sejtek

a típusostól főként abban térnek el, hogy egyik végük vékonyabb maradt. A 11. képen szemléltetett sejt egyik végén torzult növekedés mutatkozott.

Az előregedett kultúrában a *Kirchneriella obesa* sejtjeinél a rendellenes fejlődésnek négy típusa mutatkozott, és pedig:

1. Lehasadásos „anyaghiányos” részletek megjelenése a sejt felületén,
2. Nyúlványszerű kinövés a sejt egyik vége közelében,
3. Szabálytalan duzzanatszerű kinövések a sejt homorú oldalán,
4. Kidomborodás a sejt domború oldalán.

Rövid ismertetésüket a következőkben adom.

1. Lehasadásos „anyaghiányos” részletek megjelenése a sejt felületén

E jelenséget az I. tábla 12—18. képei szemléltetik. Nem volt gyakori, mindössze 27 esetben észleltem. Ezek alapján úgy látom, hogy itt a sejt egy darabkájának lehasadásáról van szó. A lehasadt helyen „anyaghiányos” folt vagy csík mutatkozik, kissé bemélyedten. A lehasadás különböző eseteit észleltem, amelyek gyakorisági fokát az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat

A Kirchneriella obesa sejtjeinek lehasadásos rendellenességei és azok gyakorisága:

| Sor-szám | A lehasadás formája | Az esetek száma | Gyakoriság %-ban |
|----------|---|-----------------|------------------|
| 1. | Lehasadás a sejt homorú oldalán, rendszerint az ív egyik felére tolódva (I. tábla 12—14. képek) | 21 | 77,8 |
| 2. | A lehasadás a sejt egyik végén jelentkezik (I. tábla 15—16. képek) | 4 | 14,8 |
| 3. | A lehasadás a sejt homorú oldalán és egyik végén egyaránt észlelhető (I. tábla 18. kép) | 1 | 3,7 |
| 4. | A lehasadás a sejt domború oldalán és egyik végén jelentkezik (I. tábla 17. kép) | 1 | 3,7 |
| 1.-4. | Összesen | 27 | 100,0 |

Látható, hogy leggyakoribb a homorú oldalon történő lehasadás, de az előfordulási arányból következtethető, hogy szórványosan a sejt egyik végének leválása is előfordulhat. A domború oldalon történő lehasadás, illetve az előbbiek kombinációiból adódó esetek arányszáma nagyon csekély lehet.

A *Kirchneriella* sejt egyik végének leválását már korábban is észleltem, mégpedig éppen ennek az előregedett tenyészetnek az elődeként szereplő klon-tenyészetben. Erről korábban [2] már be is számoltam, s e beszámoló munkám 124. oldalán a 14. mikrofelvételen látható egymás mellett két ilyen sejt is („d” és „e” jelzésű sejtek). A sejt homorú oldalának egyik felére kiterjedő lehasadás jelenségét legkorábban Korsikov [6] mutatta ki. Az 1953-ban megjelenő munkája a 294. oldalon erről illusztrációt is közöl. Ez a jelenség azonban

nála az *Ankistrodesmus subcapitatus* KORSCHIK. fajnál szerepel, amely a *Kirchneriella* sejtalakját utánozza.

Mi lehet e sejtrészletek lehasadásának oka? A már idézett és 1956-ban megjelent munkámban a sejtek végének leszakadását az egyenlőtlen fragmentáció következményének tekintettem. Hasonló jelenség lehet a sejt homorú vagy domború oldalának is a lehasadása. Az 1960-ban végzett vizsgálataim során a lehasadásként jelentkező terméket nem sikerült megtalálnom. Okaként az anyagcseretermékek felhalmozódását tekintettem. E tenyészet őseként szereplő bioseston a szegedi Őszeszék szikes biotopjában találtam 1953 őszén, vízvirágzás formájában. A bevitt bioseston néhány nap alatt a sejtszétválásos jelenségét mutatta. A sejt felületéből gömb alakú, 1–2 μ átmérőjű sporulációs képletek szakadtak ki, s nyomukban a kifli alakú sejt felületén megfelelő méretű bemélyedés maradt. A *hyperfragmentáció* jelensége felületi „kimaródásos”, „korróziós” formában jelentkezett. E részecskéknak legalább egy része feltétlenül életképes lehetett, mert tápfolyadékban és árnyékos helyen szaporodtak, illetve Knop-ágár felületére szélesztve e fajra jellemző nagyságú sejtekké növekedtek. A regenerációra képes sporulációs képletek tehát okvetlenül az autospóra kategóriájába tartoznak. Mivel hasonló jelenség 1960-ban is tapasztalható volt, kézenfekvőnek adódott az a feltételezés, hogy a sejt egy részének lehasadásában mutatkozó fragmentációs folyamatot ugyancsak az anyagcseretermékeknek a tápközegben való felhalmozódása váltja ki.

2. Nyúlványszerű kinövés a sejt egyik vége közelében

Ezt a jól körülhatárolható esetet mutatják be az I. tábla 25–30. képei, valamint a II. tábla 1. mikrofelvételén az „a” jelzésű sejt. Különösen ez utóbbi mikrofelvételen látható jól, hogy a sejt kinövése szinte nyúlványszerű, és plazmaszerkezet tekintetében nem különbözik lényegesen a sejt ív alakú részétől. A feltűnő az, hogy a sejtnél nemcsak a nyúlványszerű rész végződik egyenesen, hanem levágottnak mutatkozik a sejt másik vége is. Jellemző továbbá az is, hogy a nyúlványszerű rész többnyire valamelyik csúcs felé tolodottan jelenik meg, s vagy a sejt ívelésének folytatását képezi, vagy attól többé-kevésbé a közép felé hajlik. Ritkán a sejt mindkét végén mutatkozott kinövés, vagy az arra mutató tendencia. Az előbbi jellegek alapján a megvizsgált 173 kinövéses sejt típusbeli megoszlását a 2. táblázat szemlélteti.

Az egyes kategóriák jellegeiben természetesen jelentős mennyiségi különbségek lehetnek. Pl. mindössze két olyan sejtet találtam, amelyeknél mindkét sejtvégen fejlődött kinövés, azonban az egyik esetben mindkettő még jelentéktelen (I. tábla 24. kép), a másik sejtnél (26. kép) a bal oldali kinövés már nyúlványszerű. Sajátoság azonban, hogy mindkét sejtnél a kinövések között méretbeli különbségek mutatkoztak, azaz fejlődésük nem teljesen azonos ütemű volt. Vagy különbségek mutatkoztak a kinövések hosszúságában és szélességében, illetve a sejt egyik vége felől a közép felé való tolodásában.

E fejlődésbeli rendellenesség különleges sajátossága, hogy a sejtvégek tompítottak, a nyúlványszerű kinövések végei szinte egyenesen levágottak. E sajátos tompavégűséget az *Ankistrodesmus braunii* (NAEG.) BRUNNTH. polimorfizmusának vizsgálatánál is észleltem már [4]. Ez utóbbi speciesnél e jelenség a csúcsnövekedés hirtelen bekövetkező gátoltságával magyarázható. Az *Ankistrodesmus braunii* gömb alakú autospórái bipolárisan megnyúlnak, azaz

2. táblázat

A sejt nyúlványszerű kinövésének típusai és azok gyakorisága a Kirchneriella obesa körében

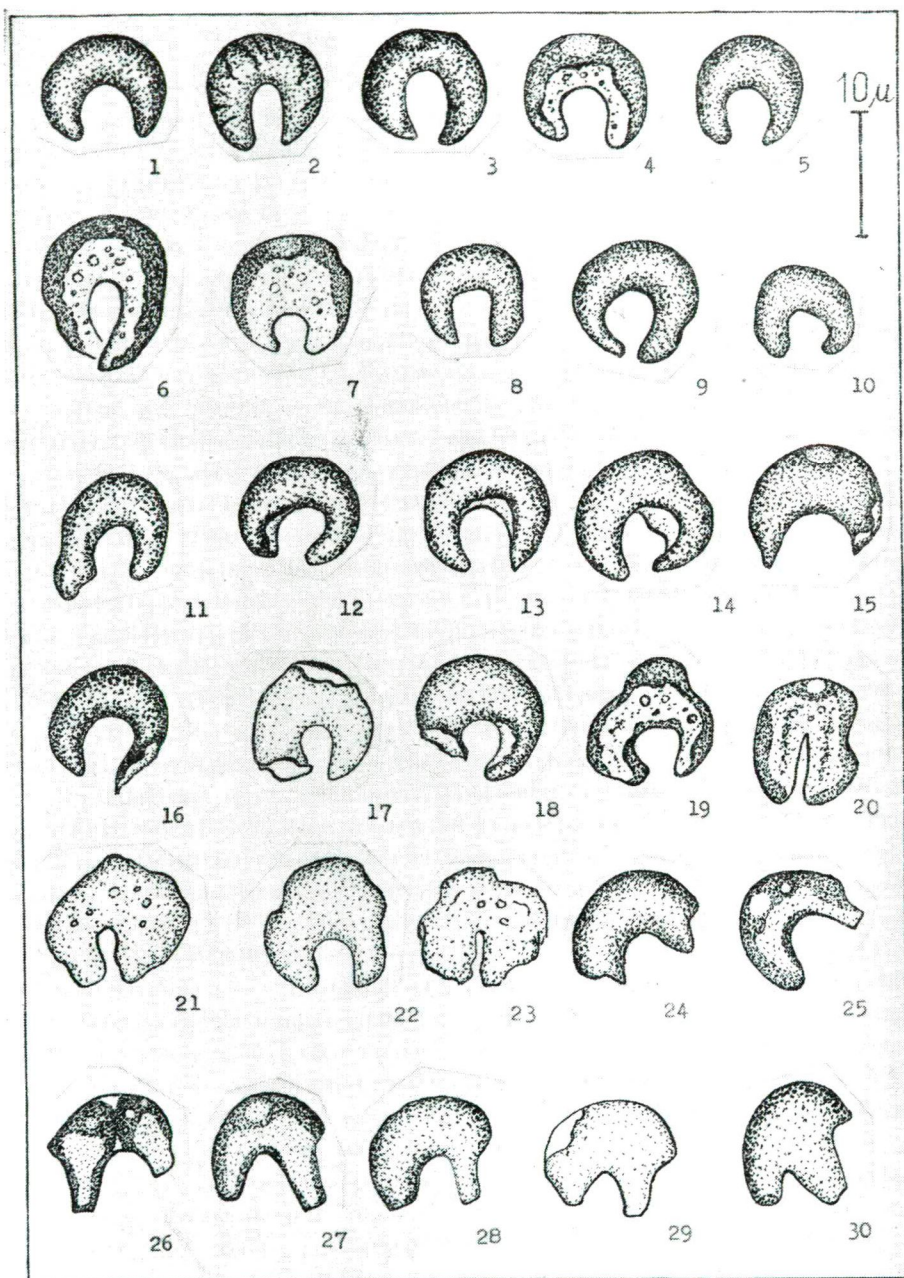
| Sor-szám | A sejtkinövés típusa | Az esetek | |
|----------|---|--------------|---------------|
| | | összes száma | gyakorisági % |
| 1. | A sejt mindkét végén mutatkozik a nyúlványszerű kinövés, vagy az arra irányuló tendencia (I. tábla 24., 26. kép) | 2 | 1,16 |
| 2. | A sejt egyik végén van csak kinövés, amely nagyjából a sejt ívelésének folytatását képezi (I. tábla 25. kép) | 5 | 2,89 |
| 3. | A sejt egyetlen kinövése nem esik a sejt ívelésének folytatásába, hanem többé-kevésbé a közép felé hajlik (I. tábla 27—29. képek) | 164 | 94,79 |
| 4. | A sejt egyetlen kinövése majdnem a homorú oldal közepéből indul ki (I. tábla 30. kép) | 2 | 1,16 |
| 1.-4. | Összesen | 173 | 100,00 |

két, egymással szemben levő pontból nyúlványkezdeteket növesztenek. E növekedés egyenlőtlen mértékű, ezért tompa végű és egyenlőtlen méretű nyúlványkezdetek jönnek létre. Mivel a *Kirchneriella* és az *Ankistrodesmus* nemzetségek közeli rokonok, feltételezhető, hogy a tompa végű kinövés ugyancsak a csúcsnövekedés hirtelen bekövetkező gátoltságával alakul ki. A sejtvégek egyenlőtlensége a növekedés egyenlőtlenségében itt is megnyilvánul.

Úgy tűnik, hogy a *Kirchneriella* és az *Ankistrodesmus* genusok közeli rokonsága e fejlődésbeli rendellenességben is tükröződik. E rendellenességben ugyanis e két genus legfőbb jellegei ötvözetszerűen együtt nyilvánulnak meg. A rövid és ívelt sejttest a *Kirchneriella* jellemvonása, a kinövésre, ill. a többé-kevésbé egyenes megnyúlásra irányuló tendencia pedig az *Ankistrodesmus* alapvető jellegére emlékeztet. *Ebben az abnormalitásban a fejlődés letért a megszokott, az örökletesen megszabott útról, de korántsem szabálytalanul, hanem a polimorfizmus szűkebb értelmezésű megnyilvánulása szerint. Azaz: a Kirchneriella obesa a nyúlványszerű kinövés fejlesztésével az Ankistrodesmus sejt-típus egyik legalapvetőbb jellemvonását utánozza. A polimorfizmus szűkebb értelmezése arra az esetre vonatkozik, amelynél valamely species morfológiai jegyei más rokon vagy nem rokon speciesek morfológiai jellemvonásait utánozzák.*

I. tábla

A *Kirchneriella obesa* sejtalakjai erősen előregedett klon-kultúrából. Nagyítás 1600-szoros. 1—11. Normális vagy kevésbé elváltozott alakú vegetatív sejtek. 12—18. Lehasadásos „anyaghiányos” részletek megjelenése a sejt felületén (elemzése az 1. táblázatban). 19—23. Kidomborodás a sejt domború oldalán (elemzése a 4. táblázatban). 24—30. Nyúlványszerű kinövés a sejt egyik vége közelében (elemzése a 2. táblázatban).



3. Szabálytalan duzzanatszerű kinövések a sejt homorú oldalán

A *Kirchneriella obesa* sejtjeinek fejlődése ebben az abnormitási kategóriában vetődött ki legnagyobb mértékben a megszokott menetéből, mert itt észleltem a legnagyobb mérvű alakbeli változatosságot, s az abnormisan fejlett sejtek száma is itt volt a legnagyobb. A rendellenes sejtalakulás változatosságát a III. és IV. tábla képei, ill. mikrofelveletei mutatják be.

A sejtalakulás legfőbb jellemvonásai a következők:

a) Az egy, vagy ritkán több duzzanatszerű kinövés mindig a sejt homorú oldalán jelenik meg.

b) Ha a duzzanat magánosan fejlődik, akkor rendszerint a középtől kissé az egyik sejtvég felé tolódottan jelentkeznek.

c) A duzzanatszerű kinövés hosszúságában fokozatosság mutatkozik. Valószínű, hogy ezen a fokozatosságon minden rendellenesen fejlődő sejt átmegy, ill. átmehet.

d) Minél fejlettebb a duzzanatszerű kinövés, annál inkább eltorzultnak látszik a sejt ív-alakja is.

Ebben az abnormitási kategóriában a megfigyelések során négy típust különböztettem meg, amelyek számszerűségi viszonyait a 3. táblázat tünteti fel.

3. táblázat

A sejt duzzanatszerű kinövésének gyakorisága a *Kirchneriella obesa* körében

| Sor-szám | A duzzanatszerű kinövés típusa | Az esetek | |
|----------|---|-------------------|--------------------|
| | | száma összesen | gyakorisági ‰-a |
| 1. | Csak egy duzzanat fejlődik ki, amely hosszúságában variál. A sejt felületén lehasadás nem mutatkozik (II. tábla 2. mikrofelvétel „a” jelzésű sejt | 211 | 88,65 |
| 2. | Egy duzzanat fejlődik ki, de a sejt belső vagy külső felületén lehasadásos folt észlelhető (III. tábla 9—10., ill. 18. képek) | 23 | 9,67 |
| 3. | A sejt homorú oldalán két duzzanat fejlődik (III. tábla 19—20. képek) | 3 | 1,26 |
| 4. | A sejt homorú oldalán három duzzanat jelenik meg (II. tábla 2. mikrofelvétel „a” jelzésű sejt) | 1 | 0,42 |
| 1.-4. | Összesen | 238 | 100,00 |

Látható, hogy a megfigyelt 238 abnormis fejlődésű sejtnél túlnyomórészt csak egy duzzanatszerű kinövés jelentkezett, s hogy eme egyduzzanatos sejtek között a legtöbb a felületi lehasadástól mentes volt. Ebben a kategóriában alakra el lehetett volna választani egymástól a jelentéktelen és a fejlett duzzanatos sejteket. Figyelembe véve azonban azt a körülményt, hogy a fejletlen és a fejlett duzzanatos sejtek kb. azonos arányban fordultak elő, ezt nem tartottam célszerűnek, hiszen a kb. azonos arány azt a lehetőséget mutatta, hogy

a fejletlen kinövés csupán a kezdeti állapotot képviseli. A lehasadásos folttal rendelkező egyduzzanatos sejteknél a lehasadás túlnyomórészt a sejt belső, homorú oldalán mutatkozott. A megfigyelt 23 esetből csak 3 jutott a külső, domború sejtoldal lehasadására.

Két duzzanatszerű kinövést az előregedett tenyészet vizsgálatakor csupán három sejtél észleltem. A III. tábla 19. képén egy viszonylag szabályos *Kirchneriella* sejt látható, amelynek homorú oldalán két kis szemölcsszerű duzzanat jelentkezett. A sejt végei normálisan elkeskenyedők. Ezzel szemben a 20. kép olyan sejtet mutat be, amelynél a homorú oldal mindkét kinövése már igen fejlett, s ezek szélességben is túlszárnyalják a gyengén fejlett sejtvégeket. E sejt növekedésében annyira eltorzult, hogy már a hajtásos növények gubacs-képződményeire emlékeztet.

Három duzzanatszerű kinövással rendelkező sejtet csak egyetlen esetben találtam, s ezt a II. tábla 2. mikrofelvétele szemlélteti („a” jelzésű sejt). E gubancs-szerűen torzult sejtél két hosszú kinövés középen jól látható, s a kettő között még a harmadiknak is egy része előtűnik. A duzzanatszerű kinövésekkel szemben a sejtvégek feltűnően elsatnyultak. A sejt jobb oldali végződése már leválóban volt. Az eltorzult sejt környezetében a *Kirchneriella obesa* jellegzetes sejtjei találhatók, amelyek azonban íveltségben, a sejtvégek távolságában és a sejt vastagságában eltérnek egymástól. A torzult sejttől felfelé a sejtfragmentálódás termékei láthatók. A fénykép bal alsó sarkában a fejlődésnek az az állapota szemlélhető, amelyben a sejt a *Chlorella*-ciklusból a preponderans *Kirchneriella*-ciklusba lép.

Az egyedül megjelenő duzzanatszerű kinövéseknél általános az a jelenség, hogy a fejletlen duzzanat alapi része széles, a csúcsi keskeny, a fejlett kinövéséknél viszont a végső rész bunkószerűen elszélesedik, s ezt keskenyebb nyaki rész kapcsolja az ismét elszélesedő alapi részhez. Különösen ilyenek a III. tábla 16—18. képein bemutatott sejtek. E duzzanatok növekedésével olykor feltűnően jelentkezik a sejtvégek eltorzulása is. Jól látható ez a III. tábla 12. képén, ahol a sejt bal oldali végződése bunkószerűvé vált. Úgy látszik, hogy a hosszú duzzanatoknak és a sejtvégeknek ez a bunkószerű torzulása a sejtről való leválás tendenciáját rejtí magában. A leválás teljes végbemenetelét azonban egyetlen esetben sem figyelhettem meg.

4. Kidomborodás a sejt domború oldalán

Kevésbé jól körülhatárolható fejlődésbeli abnormitás, amelyet az I. tábla 19—23. képei, valamint a II. tábla 1. mikrofelvétele szemléltet. Csak szórva-nyosan fordult elő a többi rendellenesség között. Az előregedett kultúrában vizsgált 41 ilyen sejt típusait, illetve azok számszerű megoszlását a 4. táblázat tünteti fel. Látható, hogy a szabályos kontúrt mutató kidomborodásnál gyakoribbak az inkább szögletes, illetve nyúlványszerű kidomborodást mutató sejtek. Különösen szélsőséges formákat mutatnak be e tekintetben a II. tábla 1. mikrofelvétele „c” és „g” jelzésű sejtjei. Ezeknél a domború oldal közepén széles és szinte nyúlványszerű megnagyobbodás fejlődött, s ezek már a *Kirchneriella* alakjára kevésbé emlékeztetnek. A „c” sejtél azonban még jól kivehető a *Kirchneriella*-jellegű íveltség. E sejtobjektumok a fényképen nemcsak azért halványak a többinél, mert az optikai sík alatt vannak, hanem azért is, mert

a vizsgálat idején elhalófélben voltak. Az életképtelenség az adott körülmények között főképpen az inkább szögletesen domború sejteknél mutatkozott.

A II. tábla 1. mikrofelvételén a „b” sejtnél jól látható a domború oldal kicsúcsosodása. Az is feltűnő, hogy ez utóbbi sejt homorú oldala már nem is

4. táblázat

A sejt domború oldalán megjelenő kidomborodás gyakorisága

| Sor-szám | A kidomborodás típusa | Az esetek | |
|----------|---|-------------------|--------------------|
| | | száma összesen | gyakorisági %-a |
| 1. | Szabályos kontúrt mutató kidomborodás a domború oldal közepén (I. tábla 19. kép) | 4 | 9,76 |
| 2. | Kicsúcsosodás a domború oldal középső részén (I. tábla 21. kép, II. tábla 1. mikrofelvétel „b” jelzésű sejt) | 8 | 19,51 |
| 3. | Inkább szögletes kidomborodás a domború oldal közepe táján (I. tábla 22—23. kép) | 12 | 29,26 |
| 4. | Nyúlványszerű szögletes kidomborodás a sejt domború oldala közepén (II. tábla 1. mikrofelvétel „c” és „g” jelzésű sejtek) | 15 | 36,59 |
| 5. | A kidomborodás a sejt egyik vége felé tolódott el (I. tábla 20. kép) | 2 | 4,88 |
| 1.-5. | Összesen | 41 | 100,00 |

szabályos íveltseget, hanem szabálytalan bevágottságot mutat. Ugyanez látható a mikrofelvétel „c” és „g” jelzésű sejteinél, illetve az I. tábla 21—23. képeken bemutatott objektumainál is. A „d” és „e” jelzésű sejtek a *Kirchneriella* *Chlorella*-ciklusát mutatják. A jobb oldali bevágódás mindkettőnél jelzi a preponderans állapotba való átmenetel kezdetét.

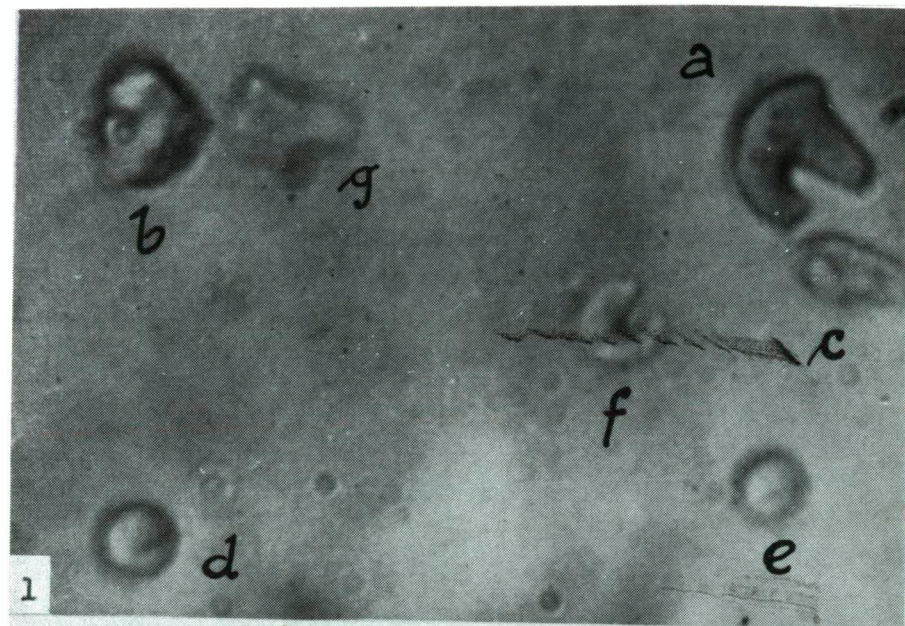
Az előregedett Kirchneriella-tenyészet tápoldatával végzett kísérletek

Az előbbieken ismertetett vizsgálataimat a továbbiak során avval egészítettem ki, hogy az előregedett tenyészet tápoldatának hatását más, még nem

II. tábla

1. mikrofelvétel: *Kirchneriella* sejtek fejlődésbeli rendellenességei az előregedett klon-kultúrából. „a”: Nyúlványszerű kinövés a sejt egyik vége közelében. „b”: A domború oldal középső részén kicsúcsosodó sejt. „c” és „g”: A domború oldalon szögletesen kidomborodó sejtek. Nagyítás 1500-szoros

2. mikrofelvétel: *Kirchneriella* sejtek az előregedett klon-tenyészetből. „a”: A sejt homorú oldalán három kinövés keletkezett (az egyik kinövés kevésbé tűnik fel, mert a fényképezés síkjára csaknem merőlegesen állt). Nagyítás: 1500-szoros.



előregedett, illetve torzulásoktól mentes *Kirchneriella* tenyészetekben is ellenőriztem. Ily irányú kipróbálásra került továbbá egy természetes tömegprodukció előbbi évben gyűjtött biosestonja is, amelyet a *Scenedesmus ecornis* és a *Sc. acutus*, valamint a *Kirchneriella obesa* hozott létre [5]. Igyekeztem ugyanis megragadni az alkalmat, hogy az előregedett tenyészetek anyagcseretermékekben gazdag tápoldatának hatását többféle olyan tenyészetben is ellenőrizsem, amelyekben torzulásos sejtek addig nem fordultak elő. Korábban [2, 3] ugyanis többek között a *Kirchneriella obesa* esetében is feltételeztem, hogy a sejtek egyenlőtlen fragmentálódását, valamint igen kisméretű sporulációs képletekre való osztódását (hyperfragmentációját) az anyagcseretermékeknek a tápoldatban való felhalmozódása idézi elő. S mivel e fragmentációs jelenségek mind a természetben, mind pedig a tenyészetekben olykor gyakran és tömegesen, szinte „járványszerűen” léptek fel, érdekelt az is, hogy az anyagcsere során a tápfolyadékokban felszaporodó anyagok hogyan reagálnak a felmelegítésre.

Az előregedett tenyészet centrifugált és Seitz-féle szűrőn átszűrt tápfolyadékát 0,5 térfogatrész 10-szeres hígítású Knop-féle oldattal „dúsítottam”, s vagy forralás nélkül, vagy előzőleg forralva használtam fel. A szűrt tápfolyadék $\frac{1}{3}$ részét csak a forrpont eléréséig melegítettem, majd kihűlni hagytam, a másik harmadrészét pedig 10 percig forraltam. Ez utóbbinál mutakozó vízvesztéséget desztillált vízzel pótoltam. Ilyen módon háromféle tápoldatot nyertem, amelyekbe az említett alga-félék híg suspensióiból egyenlő térfogat-mennyiségeket vittem át. A kontroll-tápoldatot teljes egészében 20-szoros hígítású Knop-féle oldat alkotta. Az átvitt sejsuspensiókat a kémcsövek aljára engedtem ülepedni, s azokat a továbbiakban is ülepedett állapotban hagytam szaporodni. A tenyészetek szórt fényben nevelődtek, mesterséges megvilágítás nélkül.

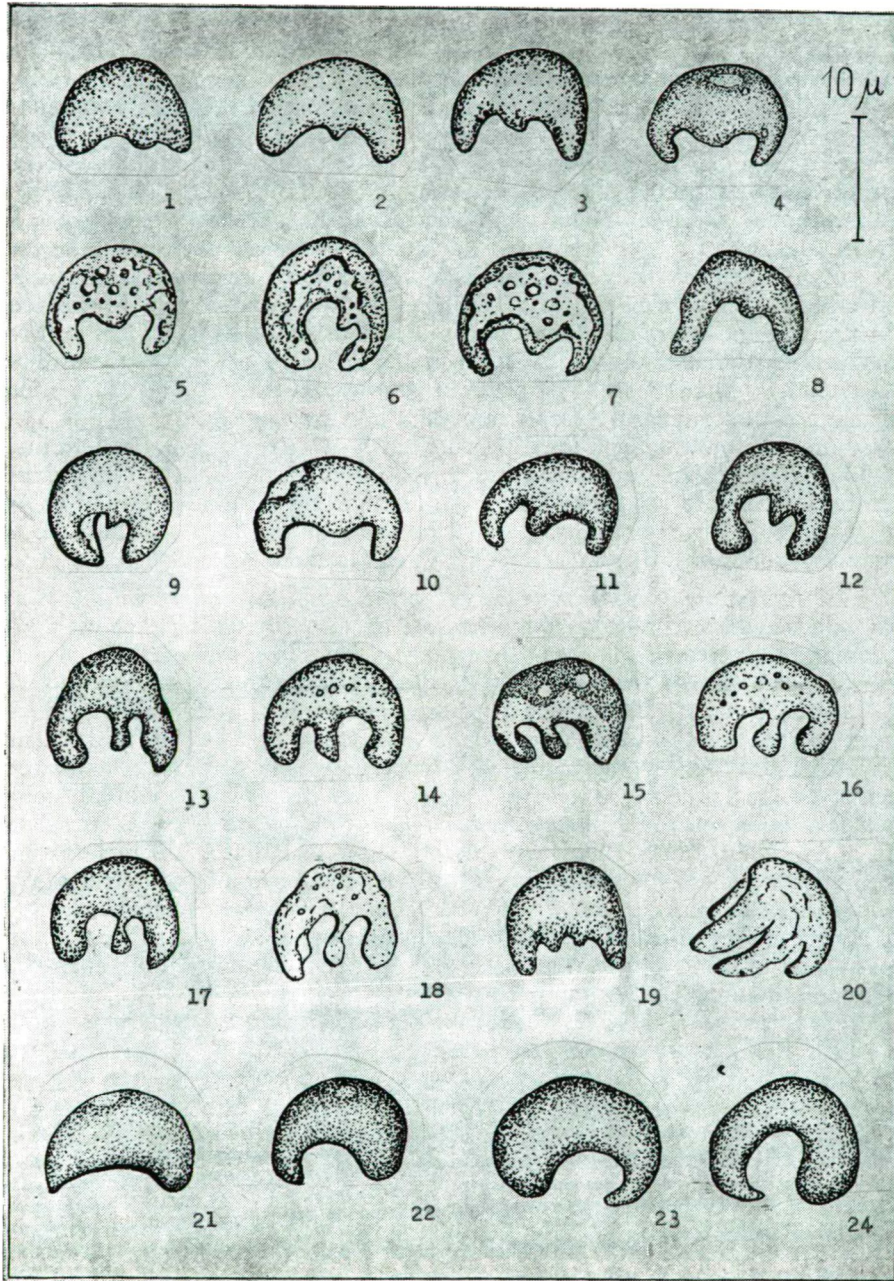
Tapasztalataim a következők:

1. *Forralás nélkül használt tápoldat kultúrái.* A normális *Kirchneriella* tenyészetekből átvitt sejtek 2–3 hét múlva szaporodni kezdtek, s néhány hét leforgása alatt a kémcsövek alját zöld algaréteg burkolta be. A tenyészeteket 3–4 hetenként vizsgáltam át. A fejlődésbeli rendellenességeket a 8–9-ik hónapban észleltem először, és pedig a homorú oldal duzzanatai, illetve a domború oldal kidomborodásai formájában (3. és 4. típusú torzulásos fejlődés). Felületi lehasadás (1. típusú torzulás) csak két esetben mutatkozott. A torzult sejtek mindhárom típus esetében a tenyészetek öregedésével mind gyakoriabakká váltak. A sejt egyik vége közelében történő nyúlványszerű kinövés általában csak az egyévesnél idősebb tenyészetekben kezdett mutatkozni, s ez feltűnő különbség volt a többi rendellenességi típussal szemben.

A IV. tábla 1. mikrofelvételén bemutatott sejt a torzulásos fejlődés 3. típusába tartozik, s annak 2. esetét képviseli. A sejt homorú oldalán jól látható a viszonylag fejlett bunkó alakú duzzanat, amelyet már csak egy vékony nyaki rész kapcsol a torzulásosan széteső sejthez. A sejt jobb oldali vége lehasadt, s a leválási felület is jól észlelhető. A sejt másik vége még ép ugyan, de

III. tábla

Rendellenes fejlődésű *Kirchneriella* sejtek az előregedett klon-tenyészetből. 1–20. Egy vagy több duzzanatszerű kinövés a sejt homorú oldalán (elemzése a 3. táblázatban). 21. Kevésbé ívelt és zömök, egyik végén inkább elhegyesedő sejtforma. 22–24. Feltűnően egyenlőtlen végekkel fejlődő sejtek. Nagyítás 1600-szoros



ez is a befűződés, s az azt követő leválás előjeleit mutatja. Az ilyen sejteken egyáltalában nem lehetett látni az általános pusztulás képét, sőt: színük többnyire sötétzöld vagy sötét kékeszöld volt. Az optikai sík mélyebb beállításánál azonban észlelni lehetett, hogy ennek a sejtnek a plazmatartalma kisebb, gömb alakú sporulációs képletekre kezdett osztódni. Ez arra mutatott, hogy a sejt homorú oldalán függő bunkószerű duzzanat is egy olyan sporulációs képletnek tekinthető, amely exogén módon, szinte „conidium”-szerűen válik le a sejtről.

Az előző évben begyűjtött vízvirágzás biosestonjából hasonlóan vittem át a forralatlanul használt új tápoldatba, s ott is csak fél esztendő múltával kezdtek mutatkozni a *Kirchneriella obesa* duzzanatokat létrehozó rendellenes formái. Itt elsősorban a sejt domború oldalának duzzanatképzése volt nevezetes (4. típus). A sejt egyik vége közelében bekövetkező nyúlványszerű kinövés (2. típus) itt nem volt észlelhető a későbbiek során sem. Ez utóbbi rendelleneségi-típus hiánya talán részben avval is magyarázható, hogy az említett vízvirágzás biosestonjában a gyűjtés idején már a *Scenedesmus* volt a tömegalkotó, a *Kirchneriella* inkább csak járulékosan fordult elő. A IV. tábla 2. mikrofelvele erről az anyagról készült, annak 8 hónapi tenyésztése után. A *Scenedesmus* monodesmoid jellegű sejtjei között két *Kirchneriella* is látható. A kisebb bal oldali sejt még ép, torzulásmentes, a jobb oldali sejtnél viszont a domború oldal feltűnő, szinte „daganat”-jellegű kidomborodása látható. A kidomborodás a középtől kissé eltolódott, kontúrja azonban szabályos ívszerű. E sejt a torzulásos fejlődés 4. típusa 1. esetét képviseli (4. táblázat).

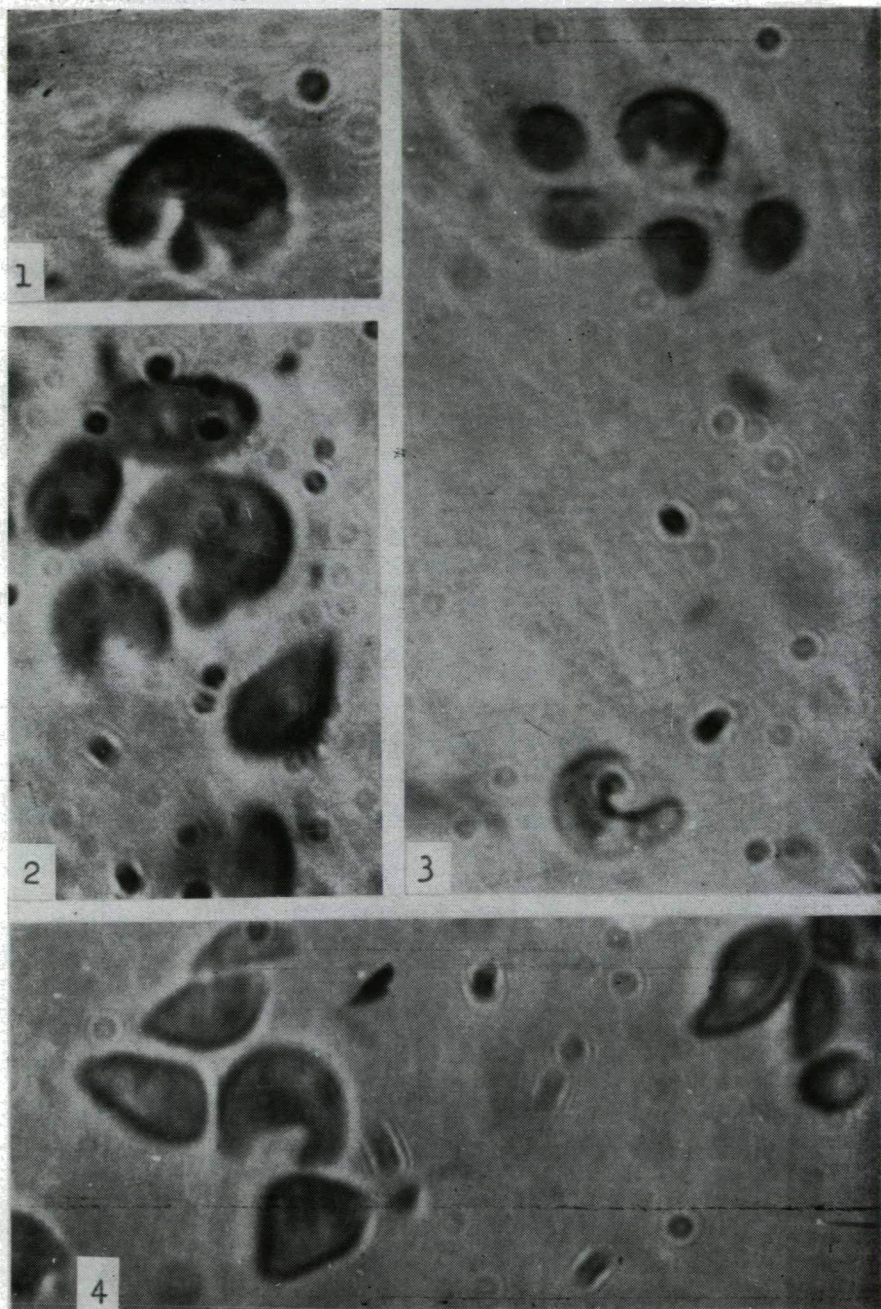
2. A forrponig történő melegítéssel kezelt tápoldat felhasználása. E tápoldat felhasználásával történő tenyésztésnél az első torzult sejteket csak a 8–10. hónapokban észleltem. Ezek kizárólag a rendellenes fejlődés 3. típusába tartoztak, azaz a sejt homorú oldalán jelentkezett a duzzanat. Feltűnő volt, hogy a torzult sejtek csak ritkán fordultak elő, s hogy a torzulás mértéke is minden esetben jelentéktelennek mutatkozott. Erre jó példa a IV. tábla 3. mikrofelvele felső részén bemutatott sejt, amelynek homorú oldalán a duzzanat éppen csak észrevehető. A sejt végződése vékonyak, s a jobb oldali sejtvég éppen leválóban van. A fragmentálódás tehát itt is jelentkezett. E torzult sejt alatt a *Kirchneriellának* még négy kisebb sejtje is látható, amelyek azonban még inkább csak az ún. *Chlorella*-ciklust képviselik. A mikrofelvelet alsó részén egy egészséges *Kirchneriella* mutatkozik, kissé csávart formában.

Ez utóbbi képen is megmutatkozik az a gyakori és sajátos jelenség, hogy a torzult sejtek sötétzöldek vagy sötét kékeszöldek, a normálisnak mutató sejtek pedig többnyire világosabb árnyalatúak.

A nyúlványszerű kinövés rendellenessége (2. típus) ez esetben is csak az egy évnél idősebb tenyészetekben kezdett mutatkozni. A vízvirágzás átvitt

IV. tábla

1. mikrofelvelet: A *Kirchneriella* sejt homorú oldalán egyetlen bunkószerű duzzanat keletkezett, amely vékony nyaki résszel exogén módon leválni készül. A sejt jobb oldali vége lehasadt. Forralás nélkül használt tápoldat kultúrájából. 1800 : 1. — 2. mikrofelvelet: középen jobbra domború oldalán kidomborodó sejt. Forralatlan tápoldatban tartott vízvirágzás biosestonjából. 1500 : 1. — 3. mikrofelvelet: fent *Kirchneriella* sejt, amelynek homorú oldalán kis duzzanat keletkezett. A sejt jobb oldali elvékonyodott vége a leválás állapotában van. Forralt tápoldatos tenyészetből. 1500 : 1. — 4. mikrofelvelet: a *Kirchneriella obesa* görbült végű sejtje a *Scenedesmus ecornis* monodesmoid sejtjei között. Forralt tápoldatban tartott vízvirágzás tenyészetéből. 1500 : 1.



biosestonjában torzult fejlődésű *Kirchneriella* sejtet csak egy esetben észleltem, mégpedig egy év múlva, a sejtvég nyúlványszerű kinövése formájában (2. típusú rendellenesség.

3. 10 perces forralással előkészített tápoldat felhasználása. E tápoldat felhasználásával történő tenyésztésnél az előbbi kategóriák szerint értelmezett rendellenesség csak kb. egy év elteltével mutatkozott. Ekkor is inkább csak a nyúlványszerű kinövések fordultak elő. A *Kirchneriella* tenyészetekben kitudorodásos rendellenességet csak 1–2 esetben észleltem. Leginkább a sejtvégek elvékonyodása és torzulásos görbülése jelentkezett. Hasonló volt a tapasztalatom a vízvirágzás biosestonjának tenyésztésénél is. Itt is inkább csak a nyúlványszerű kinövések vagy a sejtvégek elvékonyodása és görbülése mutatkozott. A IV. tábla 4. mikrofelvetele a vízvirágzás biosestonjának továbbviteléből származó néhány sejtet mutat be, kb. egy esztendei átoltság nélküli tenyésztés után. A *Scenedesmus* monodesmoid állapotú sejtjei között a *Kirchneriella obesa* elvékonyodott és görbült végű sejtje látható. Ez utóbbi görbülésnél alighanem a térhiány is szerepet játszhatott, hiszen a sejtek hosszú időn át üledékben fejlődtek, ahol egymáshoz nyomódva többé-kevésbé szögletes kontúrokkal torzulnak.

Összefoglalás, az észlelések rövid megvitatása

1. A *Kirchneriella obesa* egy előregedett tenyészetében a sejtek rendellenes fejlődésének négyféle típusát lehetett megkülönböztetni. A típusok gyakorisága a következő képet mutatta:

| Sor-szám | A sejtek abnormis fejlődésének típusai | Az esetek száma | Gyakorisági % |
|----------|--|-----------------|---------------|
| 1. | 1. típus: Lehasadásos részletek a sejt felületén | 27 | 5,64 |
| 2. | 2. típus: Nyúlványszerű kinövés a sejt egyik vége közelében | 173 | 36,11 |
| 3. | 3. típus: Szabálytalan duzzanatszerű kinövések a sejt-homorú oldalán | 238 | 49,69 |
| 4. | 4. típus: Kidomborodás a sejt domború oldalán | 41 | 8,56 |
| | Összesen | 479 | 100,00 |

2. E négyféle rendellenesség közül a 2. típus, azaz a sejt egyik vége közelében bekövetkező nyúlványszerű kinövés, a másik háromtól eléggé különáll, s arra a morfogenezisre emlékeztet, amelyet az *Ankistrodesmus braunii* polimorfizmusánál a növekedés bipoláris jellegével kapcsolatban észleltünk [4].

Hasonló fejlődésbeli egyenlőtlenség a *Kirchneriella obesa* 2-ik típusú rendellenessége esetében is mutatkozik. Láttuk ugyanis, hogy a *Kirchneriella* sejtnek a nyúlványszerű kinövés felőli vége általában gyengébb fejlettségű a sejt másik végénél. Úgy látszik, hogy a nyúlványszerű kinövés az illető sejtvég normális növekedésének rovására történik.

3. A *Kirchneriella obesa* rendellenes fejlődésének egyéb típusai, mint az 1., 3. és 4. típusú, a szabálytalan fragmentáció eltérő megnyilvánulásainak tekinthetők. A sejtvégek fragmentációs lehasadása, az egész sejt nagymérvű fragmentációval sporulációs képletekre történő osztódása, valamint a duzzanatok exogén módon, „conidium”-szerűen történő leválása, egyaránt erre engednek következtetni.

4. Morfológiailag tehát az ismertetett négyféle rendellenesség két főtypusba sorolható. Az egyik főtypust a nyúlványszerű kinövés egymaga alkotja, a másikat pedig az 1., a 3. és a 4. típusok, mint a szabálytalan fragmentáció megnyilvánulásai adják.

5. A morfológiailag megkülönböztetett főtypusok léte a környezeti feltételek szempontjából is alátámasztottnak látszik. A szabálytalan fragmentáció megnyilvánulásait ugyanis leginkább csak annál az új tápoldatnál lehetett észlelni, amely forralatlanul került felhasználásra. Úgy látszik, hogy a szabálytalan fragmentáció kiváltásában az erősen előregedett *Kirchneriella*-tenyészet tápoldatának olyan anyagcsereterméke, vagy egyéb ismeretlen anyagi tényezője is szerepelt, amely a forralásra hatásában gyengült, vagy hatását teljesen elvesztette. Viszont a nyúlványszerű kinövés mindhárom fajtájú új tápoldatban tenyésztett sejteknél jelentkezett, vagyis annak környezeti feltétele a melegítés hatására kevésbé változott. Valószínű, hogy e rendellenességek létrejöttében a szűkös térviszonyoknak is szerepük volt.

IRODALOM

- [1] BRUNNTHALER, J.: Protococcales. In Pascher's Süßwasserflora 5, p. 52—205, 1915.
- [2] KISS, I.: Egy *Kirchneriella* faj nagymérvű fragmentációval történő szaporodásáról. Szegedi Ped. Főisk. Évkönyve p. 117—132, 1956.
- [3] KISS, I.: Das Entstehen von Zellen aus Plasmateilchen pflanzlicher Mikroorganismen. Acta Biologica Acad. Scientiarum Hungaricae 6, 231—255, 1956.
- [4] KISS, I.: A *Chlorella*-ciklus fellépése a *Kirchneriella* és az *Ankistrodesmus* egyedi fejlődésében. Szegedi Ped. Főisk. Évkönyve p. 63—75, 1961.
- [5] KISS, I.: A polimorfizmus fellépése és a sejtek abnormis kialakulása egy *Chlorococcales*-tömegtermelésben. Szegedi Ped. Főisk. Évkönyve p. 3—27, 1962.
- [6] КОРСІКОВ, О., А.: визначник присводних водоростей української рр V. Підклас Протококові (Protococcineae) Вакуольні (Vacuolales). Та Протококові (Protococcales). Видавництво Академії Наук Української РСР, pp. 439. Київ — 1953.

АБНОРМАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ КЛЕТОК В РОДАХ *KIRCHNERIELLA* *OBESA*

И. Кушии

Ненормальное развитие клеток *Kirchneriella obesa* в устарелых, приходящихся уже в упадке культурах я установил следующие четыре вида.

1. Появление «прорехи» на поверхности клетки, имеющей характер скалывания. Этот вид показывается на рисунке 12—18, в таблице I. Образование его может произойти по-разному. Эти разные случаи показываются на таблице II, в венгерском тексте.

2. Язвितие отростка поблизости от одного конца клетки (таблица I, рисунки 24—30). Образующиеся виды показываются на таблице II, в венгерском тексте.

3. Ненормальные, похожи на припухлость отростки на вогнутой стороне клетки (таблица 3, рисунки 1—20, и таблица 2, микроснимок 2). Образуется как правило только одна припухлость, но обнаружил образование и 2—3 припухлостей. Микроснимок 2 показывает уродливую, похожую на «дубильный орежек» клетку, имеющую три припухлости. Такую клетку нашёл только один раз. Припухлости развиты по-разному. В наименее развитом случае припухлость, похожа на толстую палку, прицеплена к материнской клетке только через шейную часть.

4. Выпуклость на изогнутой стороне клетки. (таблица I, рисунки 19—23, а также таблица 2, микроснимок 1. «б», «в», «г» клетки).

Центрифугировавшуюся и через фильтр *Seitz* профильтровавшуюся пищевую жидкость приходящейся в упадке культуры *Kirchneriella* я обогатил по объёму 0,5 раствором *Кноп* (десятикратное разведение), и разделил на три одинаковые части. Первую треть употреблял без кипячения на культивирование, вторую треть грел до кипячения, а третью часть в течение 10 минут кипятил. Таким образом подготовленную новую пищевую жидкость привил по объёму одинаковые клеточные *suspensio* здоровой культуры *Kirchneriella*. Также употреблял *bioseston* одного цветения воды, который содержал и клетки *Kirchneriella*.

У пищевой жидкости без кипячения испытал то, что 1, 3, и 4 виды уродливости появились, начиная от 8—9 месяцев. Второй вид ненормальности показался только в культурах старше одного года. На 1 микроснимке IV таблицы показанная клетка входит в 3 вид. На вогнутой стороне этой клетки выпуклость, похожа на толстую палку, прицеплена к клетке уже только через шейную часть. Правый конец клетки скалыван и хорошо заметна и скалыванная поверхность. Такие клетки показывали вид гибели, даже их цвет был темнозелёный или темно-синезелёный. При более глубокой установке оптической плоскости можно было установить, что в клетке развивались шаровидные образования споруляции. Это указывало на то, что похожа на толстую палку выпуклость такое же образование споруляции, которая образом сходна, почти в виде *conidium* отделяется от клетки.

При дальнейшем культивировании биосештона цветения воды в такой же пищевой жидкости лишь через полгода появились выпуклые формы *Kirchneriella*. например таблица IV, микроснимок 2 показывает такую выпуклую клетку (4 вид).

Часть новой пищевой жидкости, которую грел до кипячения, охладил и предыдущим способом привил. Аномальности при развитии появились в 8—10 месяцах и находились в 3 вид. А мера аномальности оказалась ничтожной. Например таблица IV, на верхней части микроснимка 3, видна одна такая клетка со слабо развитой выпуклостью. Правый конец клетки отделяется в виде *fragmentatio*. Находящиеся под — ни четыре клетки представляют так называемый цикл *Chlorella*, *Kirchneriella*. на нижней

части рисунка видна одна здоровая клетка, немного в искривленной форме. Эта последняя светлее, остальные имели темно-зелёный цвет.

В пищевой жидкости, которая была подготовлена десятиминутным кипячением при культивировании появились только ветви в виде отростка, а аномальность в виде выпуклости заметил лишь в 1—2 случаях. Микроснимок 4. в IV. таблице показывает несколько клеток, которые происходили от дальнейшего культивирования bioseston ивещения воды. Среди клеток *Scenedesmus* видна одна клетка *Kirchneriella* которая имеет утончающийся конец. Её утончающийся конец уже и искривлялся, что вероятно совершилось вследствие нехватки пространства.

Четрые изложенные вида аномальности можно включить в два генерального вида. Один генеральный вид состоит из самой ветви в виде отростка, а другой из видов 1., 3., и 4., как появления аномальное *fragmentatio*. Сущность этих генеральных видов показывается обоснованной и с точки зрения условия среды. Так как выражения ненормального *fragmentatio* можно было заметить больше всего только у той пищевой жидкости, которая была употреблена без кипячения. По казывается так, что в вызывании аномального *fragmentatio* играл роль такой обмен веществ, или другой неизвестный материальный фактор употребляемой пищевой жидкости сильно устарелой культуры *Kirchneriella* которая в своём действии ослабела, или совсем потеряла своё действие. А ветви в виде отростка появились у клеток, культивированных во всех трёх пищевых жидкостях, то есть её условие среды вследствие нагревания изменилось меньше. В совершении этих аномальностей вероятно играла роль и нехватка пространства.

Die abnormale Entwicklung der Zellen in dem Formenkreis der *Kirchneriella obesa*

Von

I. KISS

In der veralteten, dem Verfall schon nahen Kultur der *Kirchneriella obesa* konnte ich vier Typen der unregelmässigen Entwicklung der Zellen beobachten, und zwar:

1. Das Erscheinen von absplattungsartigen Teilen mit „Stoffmangel“ auf der Oberfläche der Zelle. Dieser Typ wird veranschaulicht auf Abb. 12—18 von Taf. I. Zu seiner Entstehung sind mehrere Fälle möglich, die im ungarischen Text auf Tabelle II. angeführt werden.

2. Fortsatzartiger Auswuchs in der Nähe des einen Endes der Zelle (Abb. 24—30 auf Taf. I.). Die Formen seiner Ausbildung werden im ungarischen Text auf Taf. II. angeführt.

3. Irreguläre geschwulstartige Auswüchse auf der konkaven Seite der Zelle (Abb. 1—20 auf Taf. III. und Mikroaufnahme 2 auf Taf. II.). Es entwickelt sich meistens nur eine Anschwellung, aber ich habe auch die Entstehung von 2—3 Anschwellungen beobachtet. Das Mikrophoto 2 auf Taf. II. zeigt eine drei Anschwellungen aufweisende, gallapfelartig verzerrte Zelle. Eine solche Zelle habe ich nur in einem einzigen Falle gefunden. Die Anschwellungen sind verschiedenartig entwickelt. In dem am meisten entwickelten Fall ist die knüppelartige Anschwellung nur durch einen dünnen Halsteil mit der Mutterzelle verknüpft.

4. Anschwellung auf der konvexen Seite der Zelle (Abb. 19—23 auf Taf. I., desgleichen die Zellen „b“, „c“, „g“ auf dem Mikrophoto Nr. 1 von Taf. II.).

Ich habe die zentrifugierte und durch eine Seitz-Seihe filtrierte Nährflüssigkeit der im Verfall befindlichen *Kirchneriella*-Kultur mit einer zehnfach verdünnten Knoppischen Lösung von Volumteil 0,5 bereichert und diese in drei gleiche Teile verteilt. Das erste Drittel habe ich ohne Aufkochen für die Kultur verwendet, das zweite Drittel habe ich bis zum Siedepunkt gewärmt, das dritte Drittel liess ich 10 Minuten lang sieden. In die auf diese Weise vorbereiteten neuen Nährlösungen habe ich Zellen-Suspensionen von demselben Volumen der gesunden Kulturen der *Kirchneriella* geimpft. Auf dieselbe Weise benützte ich auch das Bioseston einer Wasserblüte, die auch *Kirchneriella*-Zellen enthielt.

Im Falle der ohne Aufkochen benützten Nährlösung machte ich die Erfahrung, dass sich die Deformationen von den Typen 1, 3 und 4 mit dem 8—9. Monat bemerkbar machten. Die Abnormität vom Typ 3 fing sich erst in jenen Kulturen zu zeigen, die älter waren als ein Jahr. Die Zelle auf dem Mikrophoto Nr. 1 von Taf. IV. gehört in den 3. Typ. Die knüppelförmige Anschwellung auf der konkaven Seite dieser Zelle wird nur durch einen dünnen Halsteil an die Zelle geknüpft. Das rechtseitige Ende der Zelle hat sich abgespalten

und auch die Spaltungsfläche ist gut zu beobachten. Solche Zellen zeigten nicht das Bild des Verfalls, ihre Farbe war sogar dunkelgrün oder dunkelblaugrün. Bei tieferer Einstellung der optischen Ebene liess es sich beobachten, dass kugelförmige Sporulationsgebilde in der Zelle entstanden sind. Hieraus liess es sich erkennen, dass die knüppelförmige Anschwellung ebenfalls ein solches Sporulationsgebilde ist, das sich auf exogene Weise, fast „conidium“-artig von der Zelle abzuspalten pflegt.

Auch bei der Weiterzüchtung des Biosestons der Wasserblüte in derselben Nährlösung machten sich die angeschwollenen Formen der *Kirchneirella* erst nach einem halben Jahr bemerkbar. Das Mikrophoto Nr. 2 der Tafel IV. zeigt z. B. eine solche angeschwollene Zelle (Typ 4.).

Jenes Teil der neuen Nährlösung, das bis zum Siedepunkt erwärmt wurde, liess ich abkühlen und impfte es auf die oben angegebene Weise ein. Die Entwicklungsabnormitäten traten in den 8—10. Monaten auf und gehörten in den dritten Typ. Das Mass der Deformation war jedoch unwesentlich. Auf der oberen Hälfte der 3. Mikrophotos auf Taf. IV. ist z. B. eine solche Zelle mit unentwickelter Anschwellung zu sehen. Das rechtsseitige Ende der Zelle trennt sich in Fragmenten ab. Die darunter befindlichen vier übrigen Zellen vertreten den sog. Chlorella-Zyklus der *Kirchneriella*. Auf dem unteren Teil des Bildes ist eine gesunde Zelle in etwas gewundener Form zu sehen. Die letztere war etwas heller, die übrigen Zellen waren dunkelgrün.

In der Nährlösung, die mit 10 Minute lange dauernden Sieden vorbereitet worden war, kamen eher nur fortsatzartige Auswüchse zum Vorschein, die Anschwellungsabnormitäten konnten nur in ein-zwei Fällen beobachtet werden. Das Mikrophoto Nr. 4. der Taf. IV. führt einige aus der Weiterzüchtung des Biosestons der Wasserblüte stammende Zellen vor. Unter den monodesmoiden Zellen des *Scenedesmus* ist auch eine *Kirchneriella*-Zelle mit verdünntem Ende zu sehen. Ihr verdünntes Ende hat sich auch schon gekrümmt, hierbei dürfte aber auch der Raumangel eine Rolle gespielt haben.

Die angeführten vier Typen der Abnormitäten lassen sich in zwei Haupttypen einreihen. Der eine Haupttyp wird allein durch den fortsatzartigen Auswuchs gebildet, den anderen bilden die Typen Nr. 1, 3 und 4 als Erscheinungsformen der unregelmässigen Fragmentation. Die Existenz dieser Haupttypen scheint auch in Hinblick auf die Umweltsbedingungen begründet zu sein. Die Erscheinungen der unregelmässigen Fragmentation konnten meistens nur bei jener neuen Nährlösung beobachtet werden, die unaufgekocht zur Verwendung kam. Es scheint in der Auslösung der unregelmässigen Fragmentation auch ein solches Stoffwechselprodukt der benützten Nährlösung der stark veralteten *Kirchneriella*-Kultur oder ein anderer unbekannter stofflicher Faktor eine Rolle gespielt zu haben, der durch das Sieden in seiner Wirkung geschwächt wurde oder seine Wirkung vollständig verlor. Hingegen erschien der fortsatzartige Auswuchs bei allen Zellen, die in den drei neuen Nährlösungen kultiviert wurden, d. h. die Umweltsbedingungen in der Entstehung dieser haben sich infolge des Aufwärmens weniger verändert. Es ist wahrscheinlich, dass auch die engen Raumverhältnisse in dem Zustandekommen dieser Abnormitäten eine Rolle gespielt haben.